

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-196167

(43)Date of publication of application : 10.07.2002

(51)Int.Cl.

G02B 6/122

G02B 6/13

(21)Application number : 2000-395545

(71)Applicant : MURATA MFG CO LTD

(22)Date of filing : 26.12.2000

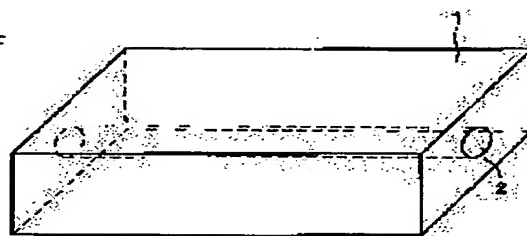
(72)Inventor : SUBE MITSURU  
TANAKA NOBUHIKO

## (54) OPTICAL WAVEGUIDE AND METHOD FOR MANUFACTURING THE SAME

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an easily manufactured optical waveguide, having superior transmission efficiency of light, and to provide a method for manufacturing the same.

SOLUTION: A sheet-like pre-sintered raw sheet is manufactured from a powdery raw material of translucent ceramics. A dopant part which includes dopant for varying the refractive index is formed on the surface of the pre-sintered raw sheet. A plurality of the pre-sintered raw sheets, on which the dopant part is formed are laminated one another. The laminated pre-sintered raw sheets are sintered so as to be unified, thus the optical waveguide part 2, in which the dopant is diffused is formed in a translucent substrate 1 composed of the pre-sintered raw sheets in such a way that the side face of the optical waveguide part 2 is covered with the substrate 1.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

17.07.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

JP2002-196167A

English translation of claims

[Claim 1] Optical waveguide characterized by having the substrate which consists of translucent ceramics, and the which has a refractive index higher than the refractive index of this substrate, wherein the side face against the light travelling direction of the optical waveguide part is covered with said substrate.

[Claim 2] The optical waveguide according to claim 1 in which the the optical waveguide part is characterized by being formed so that the travelling direction of the light in which advances be changed.

[Claim 3] The optical waveguide according to claim 1 or 2 in which the translucent ceramics contains a perovskite crystal structure represented by the formula  $ABO_3$ , wherein A is at least one selected from the group consisting of Ba, Sr, and Ca; B is at least one selected from the group consisting of Zr, Hf, Ta, Zn, Nb, Mg, Ti, Al, and rare earth; the optical waveguide part containg at least one selected from the group consisting of a titanium group, a vanadium group, iron-group, a platinum group, and rare earth as a dopant for making a refractive index of the optical waveguide part higher than that of said substrate.

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2002-196167

(P 2002-196167A)

(43) 公開日 平成14年7月10日 (2002. 7. 10)

(51) Int. Cl. 7

G 0 2 B 6/122  
6/13

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

ターコト (参考)

A 2H047  
M

審査請求 未請求 請求項の数 7

OL

(全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-395545 (P2000-395545)

(22) 出願日 平成12年12月26日 (2000. 12. 26)

(71) 出願人 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市天神二丁目26番10号

(72) 発明者 須部 満

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(72) 発明者 田中 伸彦

京都府長岡京市天神二丁目26番10号 株式  
会社村田製作所内

(74) 代理人 100080034

弁理士 原 謙三

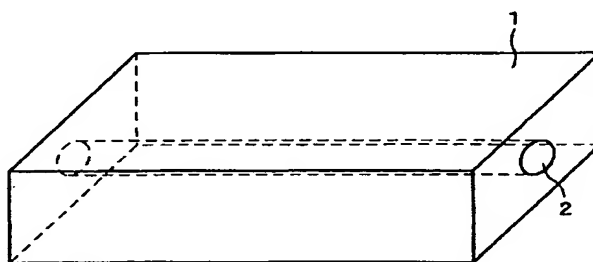
Fターム (参考) 2H047 KA04 KA11 PA00 QA01 QA07  
TA43

(54) 【発明の名称】 光導波路およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 光の伝送効率に優れ、製造も容易な光導波路およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 透光性セラミックスの原料粉末からシート状の焼成前生シートを作製する。上記焼成前生シートの表面に、屈折率を変化させるためのドーバントを含むドーバント部を形成する。ドーバント部が形成された焼成前生シートを複数互いに積層する。互いに積層された各焼成前生シートを焼成して一体化することにより、上記ドーバントが拡散した光導波路部2を各焼成前生シートからなる透光性の基板1内に光導波路部2の側面が基板1により覆われているように形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】透光性セラミックスからなる基板と、  
該基板の屈折率より高い屈折率を有する光導波路部とを  
備え、

該光導波路部の光の進行方向に対する側面が前記基板に  
より覆われていることを特徴とする光導波路。

【請求項 2】光導波路部は、光導波路部内を進行する光  
の進行方向を変更するように形成されていることを特徴  
とする請求項 1 記載の光導波路。

【請求項 3】透光性セラミックスは、A サイトに Ba、 10  
Sr、Ca の中から 1 種以上を含み、B サイトに Zr、  
Hf、Ta、Zn、Nb、Mg、Ti、Al、希土類の  
中から 1 種以上を含む一般式  $ABO_3$  で表されるペロブ  
スカイト型結晶構造を備えており、  
光導波路部は、前記基板に対し屈折率を高くするための  
ドーパントとして、チタン族、バナジウム族、鉄族、白  
金族、希土類から選ばれる少なくとも 1 種の元素を有し  
ていることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の光導波  
路。

【請求項 4】透光性セラミックスは、屈折率が 1.9 以 20  
上、かつ常誘電体であることを特徴とする請求項 1 ない  
し 3 の何れかに記載の光導波路。

【請求項 5】透光性セラミックスの原料粉末からシート  
状の焼成前生シートを作製し、

上記焼成前生シートの表面に、屈折率を高くするための  
ドーパントを含むドーパント部を形成し、

ドーパント部が形成された焼成前生シートを複数互いに  
積層し、

互いに積層された各焼成前生シートを焼成して一体化す  
ることにより、上記ドーパントが拡散した光導波路部 30  
を、各焼成前生シートからなる透光性の基板内に形成す  
ることを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 6】互いに隣接する各焼成前生シート間におい  
てドーパント部の形成面積を段階的に変化させて光導波  
路部を形成することを特徴とする請求項 5 記載の光導波  
路の製造方法。

【請求項 7】互いに隣接する各焼成前生シート間におい  
て各ドーパント部を互いに一部が対面し、かつ、焼成前  
生シートの表面方向に沿ってずらして形成して、光導波  
路部を光導波路部内の光の進行方向が変化するように形  
成することを特徴とする請求項 5 または 6 記載の光導波  
路の製造方法。 40

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高屈折率、高光透  
過率を備えて有用な光導波路およびその製造方法に関す  
るものである。

## 【0002】

【従来の技術】光集積回路については、電子集積回路に  
対して、電磁波障害に強く、また、光の波として機能も 50

利用できるといった利点を備えていることから、種々考  
案されてきた。光集積化は、透明絶縁基板の表面に屈折  
率のわずかに高い部分を形成して光導波路とし、これを  
基礎とした各種の機能的光回路を集積された形態で実現  
しようとするものである。

【0003】このような光導波路としては、図 11 に示  
すように、①、ニオブ酸リチウムからなる基板 21 の表  
面に対し、チタン等の金属 22 を光導波路の位置に付着  
させ、上記金属 22 を基板 21 内に熱拡散させて形成さ  
れた埋め込み型の光導波路部 23 を備えた光導波路が知  
られている。

【0004】また、図 12 に示すように、②、特公平 7  
-23927 号公報には、石英基板 31 上に、二酸化シ  
リコン薄膜 32 と、酸化チタン薄膜 33 とをマグネトロ  
ンスパッタリング法により交互に形成し、温度 400℃  
ないし 1500℃程度において、数時間ないし十数時間  
程度の加熱処理を行い、上記両薄膜 3 の相互拡散を行わ  
せて均一な組成となった光導波路部 34 を上記石英基板  
31 上に形成したリッジ型の光導波路が開示されてい  
る。

【0005】さらに、図 13 に示すように、③、イオン  
交換法により得られる、埋め込み型のガラス製の光導波  
路が知られている。上記光導波路は、第一段階で電界を  
加えて屈折率を高くするイオンをガラス基板 41 中に導  
入し、続いて、第二段階でガラス基板 41 の屈折率を低  
下させるイオンを導入することによって、断面がほぼ円  
形の屈折率分布型の光導波路部 42 を備えたものとなっ  
ている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の①、や②、  
のように、基板 21、31 の表面に光導波路部 23、3  
4 を、その一部を露出させて形成したものは、基板 2  
1、31 や露出した光導波路部 23、34 の表面精度が  
悪いと、その光導波路部 23、34 を通過する光が上記  
表面から散乱損失する程度が増大して、光の伝送効率が  
低下するという問題を有している。また、上記従来で  
は、上記散乱損失を低減しようとマイクロレンズを形成  
したものを作製しても、それらを組み合わせるときに光  
軸を合わせるのが複雑で手間取るという問題を生じてい  
る。また、上記従来の③、では、イオンを導入する工程  
が複雑で手間取るという問題を招来している。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の光導波路は、以  
上の課題を解決するために、透光性セラミックスからな  
る基板と、該基板の屈折率より高い屈折率を有する光導  
波路部とを備え、該光導波路部の光の進行方向に対する  
側面が前記基板により覆われていることを特徴としてい  
る。上記透光性セラミックスとしては、焼成により形成  
され、透光性を有する単結晶体または多結晶体である、  
セラミックスであればよく、複屈折を示すものでも、複

屈折を示さないものでも可能であるが、より好ましくは、多結晶体で常誘電体（つまり複屈折を示さないもの）である。

【0008】上記構成によれば、基板が透光性セラミックスからなることから、例えば、透光性セラミックスの原料粉末から得られる、シート状の焼成前生シートを用いる後述する製造方法によって、透光性セラミックスからなる基板の内部に、基板より屈折率が高い光導波路部を基板により光導波路部の側面が覆われているように形成することが容易にできる。

【0009】これにより、上記構成では、光導波路部が基板内に内蔵されて露出することを回避できるので、基板の表面精度の劣化による光導波路部内を通過する光の散乱損失を抑制できて、光の伝送効率の低下を軽減できる。

【0010】上記光導波路においては、光導波路部は、光導波路部内を進行する光の進行方向を変更するように形成されていてもよい。上記構成によれば、光の進行方向を変更する場合、そのための各光導波路部が一体的に形成されているので、上記各光導波路部の位置合わせと

いった、従来手間取っていた調整を省くことができ、光の進行方向の変更を簡便化できる。

【0011】上記光導波路では、透光性セラミックスは、AサイトにBa、Sr、Caの中から1種以上を含み、BサイトにZr、Hf、Ta、Zn、Nb、Mg、Ti、Al、希土類の中から1種以上を含む一般式ABO<sub>3</sub>で表されるペロブスカイト型結晶構造を備えており、光導波路部は、前記基板に対し屈折率を高くするためのドーパントとして、チタン族、バナジウム族、鉄族、白金族、希土類から選ばれる少なくとも1種の元素を有していることが好ましい。上記チタン族は、Ti、Zr、Hf、Sn、Pbからなるグループを称す。上記バナジウム族は、V、As、Nb、Sb、Ta、Biからなるグループを称す。上記鉄族は、Fe、Co、Niからなるグループを称す。上記白金族は、Ru、Rh、Pd、Os、Ir、Ptからなるグループを称す。上記希土類は、Sc、Y、ランタノイド元素からなるグループを称す。上記ペロブスカイト型結晶構造には、複合ペロブスカイト型結晶構造が含まれる。上記構成によれば、基板に透光性を、より確実に付与できて、製造を安定化できる。

【0012】上記透光性セラミックスは、屈折率が1.9以上、かつ常誘電体であることが望ましい。常誘電体とは、電界が印加されても誘電率が変化しないものであり、よって、複屈折を生じないものである。上記構成によれば、常誘電体であることから複屈折を生ぜず、よって光学部品に容易に適用でき、透光性セラミックスからなることにより高透光性、高屈折率な基板とすることができ、よって、小型化や薄型化が可能となるので、適用範囲を広げることができる。

【0013】本発明の光導波路の製造方法は、前記の課題を解決するために、透光性セラミックスの原料粉末からシート状の焼成前生シートを作製し、上記焼成前生シートの表面に、屈折率を高くするためのドーパントを含むドーパント部を形成し、ドーパント部が形成された焼成前生シートを複数互いに積層し、互いに積層された各焼成前生シートを焼成して一体化することにより、上記ドーパントが拡散した光導波路部を、各焼成前生シートからなる透光性の基板内に形成することを特徴としている。

【0014】上記方法によれば、透光性セラミックスの原料粉末を用いたことにより、透光性の基板を高透光性、高屈折率とすることができ、かつ、焼成前生シートを複数互いに積層することにより、上記基板内に、光導波路部を容易に形成できるので、前述したように、光の伝送効率を向上できる光導波路部を有する光導波路を安定に、かつ簡便に得ることができる。

【0015】上記方法においては、互いに隣接する各焼成前生シート間においてドーパント部の形成面積を段階的に変化させることにより、焼成中にドーパントを拡散させた光導波路部を形成してもよい。上記方法によれば、ドーパント部の形成面積を段階的に変化させることにより、得られた光導波路部を例えば断面略円形状に簡便な方法により作製できる。このことから、上記方法では、断面略円形状の光導波路部により、光導波路部内を伝送する光は、基板と光導波路部との界面に達する頻度を低減できることから、上記光の伝送効率の低下を抑制できる。

【0016】上記方法では、互いに隣接する各焼成前生シート間において各ドーパント部を互いに一部が対面し、かつ、焼成前生シートの表面方向に沿ってずらして形成することにより、焼成中にドーパントを拡散させた光導波路部を光導波路部内の光の進行方向を変化させるように形成してもよい。上記方法によれば、光の進行方向を変更する場合、そのための各光導波路部を一体的に形成できるので、上記各光導波路部の位置合わせといった、従来手間取っていた調整を省くことができ、光の進行方向の変更を簡便化できる光導波路を安定に製造できる。

【0017】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について図1ないし図10に基づいて説明すれば、以下の通りである。

【0018】本発明に係る光導波路では、図1に示すように、透光性セラミックスからなる、透光性を備えた基板1が直方体形状に形成されており、上記基板1の内部に対し、基板1の屈折率より高い屈折率を備えた光導波路部2が、光を通過できるように直管チューブ状に、かつ、光導波路部2の側面を基板1により密に（隙間無く）覆って外部に露出しないように形成されている。

【0019】上記光導波路部2は、その光軸方向に対し直交する方向の断面が略円形状となっており、かつ、光導波路部2の光軸方向が基板1における、光導波路部2の外周面と対面する少なくとも一つの外壁面に対し略平行となるように形成されている。また、光導波路部2は、その長手方向の各端部が、基板1の2つの各端面に、それぞれ開口して、一方の開口から光が入射すると、他方の開口から光が出射できるようになっている。なお、上記の断面については、光の伝送効率の点から略円形状が好ましいが、略多角形でもよい。

【0020】上記透光性セラミックスとしては、焼成により形成され、かつ、光の直線透過率が20%以上、より好ましくは50%以上のものであれば、どのような屈折率のものでも、また、複屈折を有するものでもよいが、屈折率が1.9以上であるものであり、かつ、常誘電体（複屈折を示さないもの）が好ましい。

【0021】次に、本発明に係る光導波路の製造方法について、Ba(Mg, Ta)O<sub>3</sub>系の複合ペロブスカイト型結晶構造を主結晶相とする透光性セラミックスを用いた例に基づいて説明する。

【0022】まず、原料粉末として、高純度のBaCO<sub>3</sub>、SnO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、MgCO<sub>3</sub>およびTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>の各粉末を準備した。続いて、上記各原料粉末を、Ba[(Sn<sub>u</sub>Zr<sub>1-u</sub>)<sub>x</sub>Mg<sub>y</sub>Ta<sub>z</sub>]<sub>v</sub>O<sub>w</sub>なる組成式において、u=0.67、x=0.16、y=0.29、z=0.55、v=1.02、となる組成が得られるようにそれぞれ秤量し、一緒にボールミルで16時間湿式混合して混合物を得た。なお、wについては、焼成後において、ほぼ3となっている。x、y、zについては、x+y+z=1.00の関係を満たすものである。

【0023】この混合物を乾燥した後、1300℃で3時間仮焼して仮焼物を得た。この仮焼物を水および有機バインダーと共に、ボールミルに入れ、16時間湿式粉砕してスラリーを得た。有機バインダーとしては、結合剤としての機能を備え、かつ、焼結時に、焼結温度に達する前に、大気中で例えば500℃程度で大気中の酸素と反応して炭酸ガスや水蒸気等にガス化して消失するものであればよく、例えばエチルセルロース等が挙げられる。

【0024】このスラリーを用い、例えばドクターブレード法によりシート成形し、厚さ10μmから30μm程度のグリーンシート（焼成前生シート）を得る。このグリーンシートを、例えば30mm×40mmの矩形形状に切断する。

【0025】その後、例えば図2に示すように、各グリーンシート4の表面に、TiとしてのTiO<sub>2</sub>を含むペースト部（ドーパント部）5を、略長形状に、かつ、光導波路部2を形成するためのパターンで印刷や塗布によりそれぞれ形成する。このペースト部5の形成は、上記ペースト部5をグリーンシート4の厚みより薄く、例

えば数μm程度の厚み（好ましくはグリーンシート4の厚みの1/5以下の厚み）となるようにスクリーン印刷し、乾燥することにより行われる。

【0026】上記パターンの具体例としては、断面略円形状の光導波路部2用には、隣り合う各グリーンシート4上にて、各ペースト部5が略長形状で、かつ各ペースト部5の長手方向の中心線を揃えて、その上、各ペースト部5の幅が、基板1の表面側から順次、直径が大きくなり、続いて、小さくなるようにそれぞれ設定されている。このようなパターンを形成することにより、各ペースト部5のTiが焼成時に拡散して、得られた光導波路部2は、その断面が略円形状となる。

【0027】続いて、上記パターンがそれぞれ形成された各グリーンシート4および上記各グリーンシート4を厚さ方向の両側から挟むように上記パターン無しの各グリーンシート4を、厚さ方向に、かつ、光導波路部2が形成できるように、互いに体面する位置の各ペースト部5の中心を合わせて互いに積層し、圧着して各グリーンシート4を一体化させ、図3(b)に示すように、各グリーンシート4が一体化された成形物6を得た。上記成形物6では、その中に層状の各ペースト部5が互いにほぼ平行に離間した状態にて、上記各ペースト部5の外縁部を結ぶ仮想面が略円形状となるように配置されている。

【0028】その次に、この成形物6を、同組成粉末中に埋め込んだ。上記の同組成粉末は上記成形物6と同組成系に調整したものを焼成して得られた焼成物を粉砕したものであり、特に透光性を備えていなくともよい。上記同組成系としては、上記成形物6と各成分が同一であれば、それらの組成比が相違していてもよいが、略同一のものが好ましい。したがって、同組成粉末中に埋め込んだ成形物6は、上記成形物と同組成系に近接して配置され、焼成されることになる。

【0029】この成形物6を、焼成炉中において、上記同組成粉末と共に、まず、大気組成の雰囲気中にて、加熱して昇温させ成形物6に含まれる有機バインダーを加熱により消失させる脱バインダーが生じる温度領域まで昇温させ、脱バインダー後、昇温させながら上記大気中に酸素を注入して酸素濃度を大気中の酸素濃度から上昇、例えば95%（容量%）に設定して、焼成炉中の焼成雰囲気を調整した。

【0030】その後、上記焼成雰囲気を維持して、例えば1600℃の焼成温度まで焼成炉内を昇温し、その焼成雰囲気および焼成温度を維持しながら20時間、上記成形物6を焼成して、上記成形物6から焼結体を得た。

【0031】このようにして、図1および図3(b)に示すように、本実施の形態に係る、Ba(Mg, Ta)O<sub>3</sub>系の複合ペロブスカイト型結晶構造を主結晶相とする焼成体である透光性セラミックスからなる基板1に対し、例えば断面径が0.1mmφ~1mmφ程度の光導

波路部2を、各ペースト部5の $TiO_2$ の拡散により備えた光導波路が得られた。なお、図3(a)に示すように、ペースト部5が一層でも、径は小さくなるが同様に光導波路部2を形成することができる。

【0032】このような光導波路では、図4に示すように、光導波路の光導波路部2は、拡散したドーパントであるTiによって基板1の屈折率に対し高くなっており、かつ、光導波路部2の中心から径方向外向きに順次屈折率が低下する屈折率分布型となっている。その上、上記光導波路部2は、その中心から外周面に向かって屈折率が低下することが、上記中心に対し点対称となるように屈折率が分布している。このことから、光導波路部2内に導入された光は、屈折率の高い方に湾曲して蛇行するので、上記光導波路部2から外には出ずに上記光導波路部2内を伝搬できるものとなっている。

【0033】このような光導波路は、屈折率が高いことから、光の遅延素子としても使用でき、また、高透過性および高屈折率から、小型化が可能となる。その上、光導波路部2が基板1内に内蔵されて、光導波路部2の側面全てが基板1の素材により密に覆われているため、従来のように光導波路部が露出していることによる、光導波路部の露出面の表面精度の劣化による光の散乱損失の発生を回避できる。よって、上記光導波路における光の伝送効率の改善が可能となる。

【0034】次に、光導波路部2が、例えば図5に示すように、光導波路部2内を進行する光の進行方向を変更するように、例えば折れ曲がりながら形成されている一変形例について説明する。

【0035】まず、このような光導波路部2を備えた光導波路の製造方法を、図6に基づいて説明する。各グリーンシート4上に、互いに隣接する各グリーンシート4間において各ペースト部5を互いに一部が対面し、かつ、グリーンシート4の表面方向および/または厚さ方向に沿って順次ずらして形成する。続いて、上記各グリーンシート4を前述と同様に積層し、焼成することにより、光導波路部2内を進行する光の進行方向を変更するように、例えば折れ曲がるように上記光導波路部2を形成することが可能となる。

【0036】これにより、光の進行方向を変更する場合、そのための各光導波路部2が一体的に形成されているので、上記各光導波路部2の位置合わせといった、従来手間取っていた調整を省くことができ、光の進行方向の変更を簡便化でき、かつ、そのような光導波路部2を備えた光導波路の製造を簡素化できる。また、上記光導波路の製造方法では、光導波路部2を基板1の側面に対し傾斜するように形成することも可能である。

【0037】このようにして得られた透光性セラミックスは、X線回折(XRD)による分析の結果、Ba(Mg, Ta) $O_3$ 系の結晶構造を有することが確認された。ここで、Baは、複合ペロブスカイト型結晶構造の

Aサイトに、また、MgとTaとがBサイトに入ること、それらのイオン半径および原子価から制約されるものである。

【0038】上記焼成温度および焼成時間については、用いる組成により設定されるが、上記組成では1550℃～1650℃の範囲内で、焼成時間を10時間以上焼成すればよい。上記条件にて焼成すれば、透光性の高い焼結体である透光性セラミックスが得られる。上記透光性セラミックスは、常誘電体の多結晶体であるため、複屈折を示さないものである。

【0039】上記光導波路における基板1について、直線透過率と屈折率をそれぞれ測定した。屈折率は、2.1であった。また、直線透過率は、図7に示すように、光の波長が300nmから900nmまでの範囲で40%以上、350nmから900nmまでの範囲で60%以上、380nmから900nmまでの範囲で70%以上であった。

【0040】直線透過率は、島津製分光光度計(UV-200S)を用いて測定波長が180nm～900nmの範囲で、また、屈折率はプリズムカプラー(Metric社製、MODEL 2010)を用い、測定波長が633nmで測定した。

【0041】以下に、用いた透光性セラミックスからなる基板1において、直線透過率がほぼ理論値であることについて説明する。まず、直線透過率の測定時には、空気中から試料に対し垂直に光が入射する。このため、屈折率(n)が2.1の場合、基板1の表面と背面とでの反射率の合計が23%となる。よって、上記基板1の直線透過率の理論値(理論最大値)は77%となる。

【0042】上記基板1では、その直線透過率が400nm以上において、ほぼ75%であり、理論値と同等の値を示した。このことは、上記基板1である透光性セラミックスの結晶内の欠陥がほとんど無いことを示しており、この透光性セラミックスが光学部品として利用可能であることを裏付けている。このような透光性セラミックスでは、表面にAR(反射防止膜)コーートを施すことで、ほぼ100%の直線透過率を有するものにできる。

【0043】次に、前記の焼成雰囲気中の酸素濃度の直線透過率に対する影響を調べた。まず、焼成雰囲気の酸素濃度を、種々代えて各透光性セラミックスをそれぞれ調製した。続いて、各透光性セラミックスの直線透過率を調べ、その結果を図8に示した。この結果では、酸素濃度と直線透過率との関係は正の相関を示し、焼成雰囲気の酸素濃度としては、45%以上(直線透過率20%以上が得られる範囲)が好ましく、75%以上(直線透過率60%以上が得られる範囲)がより好ましく、さらに90%以上がより好ましいことが分かった。

【0044】また、上記では、基板1の透光性セラミックスとして、Ba(Mg, Ta) $O_3$ 系を用いた例を挙げたが、他の透光性セラミックスでもよく、例えば、B

a (Zn, Ta) O<sub>3</sub> 系の透光性セラミックスを用いることもできる。この透光性セラミックスの製造方法に基づいて説明すると以下の通りである。まず、原料として、高純度のBaCO<sub>3</sub>、ZrO<sub>2</sub>、ZnOおよびTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を準備した。

【0045】続いて、これらの各原料を、Ba(Zr<sub>x</sub>Zn<sub>y</sub>Ta<sub>z</sub>)<sub>a</sub>O<sub>w</sub>なる組成式において、x=0.03、y=0.32、z=0.65、a=1.02、となる組成が得られるようにそれぞれ秤量し、それらを一緒にボールミルで16時間湿式混合して混合物を得た。なお、wについては、焼成後において、ほぼ3となっている。

【0046】この混合物を乾燥した後、1200℃で3時間仮焼して仮焼物を得た。この仮焼物を水および有機バインダーと共に、ボールミルに入れ、16時間湿式粉碎してスラリーを得た。このスラリーを用いて、焼成温度を1500℃、焼成時間を10時間に代えた以外は、前述のBa(Mg, Ta)O<sub>3</sub>系と同様にして光導波路を調製した。

【0047】上記焼成温度および焼成時間については、用いる組成により設定されるが、上記組成では1500℃～1600℃の範囲内で、かつ、焼成時間を5時間以上であればよい。上記条件にて焼成すれば、透光性の高い焼結体を得られる。

【0048】この透光性セラミックスについて同様に直線透過率と屈折率をそれぞれ測定した。上記透光性セラミックスの屈折率は2.1であった。また、直線透過率の結果を図7に合わせて示した。上記結果では、直線透過率は400nmから900nmにおいて50%以上であった。以上のように、上記では、Ba(Zn, Ta)O<sub>3</sub>系の透光性セラミックスの例を示しており、前記のBa(Mg, Ta)O<sub>3</sub>系とは相違する複合ペロブスカイト型結晶相を主結晶相とする材料系においても、高い直線透過率および高屈折率のものが得られていることが分かる。

【0049】次に、鉄族金属(Fe, Co, Ni)を有するBa(Mg, Ta)O<sub>3</sub>系の複合ペロブスカイト型結晶構造を主結晶相とする透光性セラミックスを基板1として用いた例を説明する。

【0050】まず、原料として、高純度のBaCO<sub>3</sub>、SnO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、MgCO<sub>3</sub>、NiOおよびTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を準備した。続いて、NiOを除く上記各原料を、Ba[(Sn<sub>u</sub>Zr<sub>1-u</sub>)<sub>x</sub>Mg<sub>y</sub>Ta<sub>z</sub>]<sub>v</sub>O<sub>w</sub>なる組成式において、u=1、x=0.15、y=0.29、z=0.56、v=1.02、となる組成が得られるようにそれぞれ秤量し、一緒にボールミルで16時間湿式混合して混合物を得た。なお、wについては、焼成後において、ほぼ3となっている。

【0051】この混合物を乾燥した後、1300℃で3時間仮焼して仮焼物を得た。この仮焼物に対し、NiO

をNiとして1.0モル%となるように添加し、この添加仮焼物を水および有機バインダーと共に、ボールミルに入れ、16時間湿式粉碎してスラリーを得た。このスラリーを用いて、前述のBa(Mg, Ta)O<sub>3</sub>系と同様にして光導波路を調製した。

【0052】この光導波路の透光性セラミックスについて、直線透過率と屈折率をそれぞれ測定した。また、第一比較例として、NiOをNiとして1.5モル%となるように添加した以外は、同様に調製した第一比較試料も製造した。

【0053】上記光導波路の屈折率は2.1であり、その直線透過率の波長依存性を図9に示した。上記透光性セラミックスでは、図9から明らかなように、NiOが微量添加されていることにより、λ=400nm、300nmに急峻な透過ピークが現れることが分かる。この波長帯は、短波長レーザーとして記載されている青紫色レーザー等の波長帯と一致しており、よって、上記透光性セラミックスを用いた光導波路は、これらレーザー用の帯域透過フィルタとして利用できる。

【0054】また、第一比較試料の直線透過率の波長依存性も図9に合わせて示した。図9から明らかなように、NiOを1.5モル%添加したことにより、第一比較試料では、直線透過率が極めて低くなることが分かる。このことから、NiOの添加量としては、1.2モル%以下が好ましく、1.0モル%以下がより好ましいことが分かる。なお、上記では、添加物としてNiを用いた例を挙げたが、必要に応じて他の鉄族金属、例えばFeやCoを用いることもできる。

【0055】さらに、他のBa(Mg, Ta)O<sub>3</sub>系の複合ペロブスカイト型結晶構造を主結晶相とする透光性セラミックスを用いた光導波路について説明すると以下の通りである。

【0056】まず、原料として、高純度のBaCO<sub>3</sub>、MgCO<sub>3</sub>およびTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を準備した。続いて、上記各原料を、Ba(Mg<sub>y</sub>Ta<sub>z</sub>)<sub>v</sub>O<sub>w</sub>なる組成式において、y=0.33、z=0.67、v=1.03となる組成が得られるようにそれぞれ秤量した。

【0057】続いて、前記のBa(Mg, Ta)O<sub>3</sub>系を用いた光導波路と同様にして光導波路を作製した。その透光性セラミックスの直線透過率を測定し、その結果を図7に合わせて示した。その結果から、直線透過率は20%程度であり、前述の透光性セラミックスより若干直線透過率が低くなっているが、反射防止コートを施すことにより、光学部品の素材として用いることが可能なものである。

【0058】なお、上記の各例では、特定の組成比を有する各透光性セラミックスの例を挙げたが、本発明の光導波路に用いる透光性セラミックスは、これらに限定されるものではない。また、上記各例では、屈折率を高めるドーパントがTiの場合を示したが、その他のチタン



族、バナジウム族、鉄族、白金族、希土類から選ばれる少なくとも一種の元素をドーパントとして用いても同様の効果が得られる。

【0059】さらに、上記の各例では、成形物6を上記成形物6と同組成系に近接して配置させるために、上記成形物6を同組成粉末中に埋め込んだ例を挙げたが、上記に特に限定されるものではなく、例えば、上記成形物6と同組成系の焼結体の板やサヤを用いてもよい。上記の板を用いる場合には、板の上に成形物6を載置して焼成すればよく、また、上記のサヤを用いる場合には、そのサヤの中に成形物6を載置して焼成すればよい。

【0060】また、上記では、Ba(Mg, Ta)O<sub>3</sub>系等の透光性セラミックスを用いた例を挙げたが、さらに他の透光性セラミックス、例えば市販の光学用YAG(イットリウム・アルミニウム・ガーネット、Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>)の多結晶体を同様に成形して用いることができる。これは、図7に示した上記YAGの直線透過率から明らかであることが分かる。

【0061】なお、本発明の製造方法では、光導波路の成形物6を個々に製造した例を挙げたが、図10に示すように、前記のグリーンシート4より大面積な、大型グリーンシートに複数のペースト部5を形成し、上記大型グリーンシートを複数、各ペースト部5から光導波路部2をそれぞれ形成するように互いに積層し厚さ方向に圧着して積層ブロック11を作製し、それを各切断線16、17に沿って積層方向に切断して個々の成形物6に分割することにより、上記各成形物6を一括して形成してもよい。

#### 【0062】

【発明の効果】本発明の光導波路は、以上のように、透光性セラミックスからなる基板と、基板の屈折率より高い屈折率を有する光導波路部とを備え、上記光導波路部の光の進行方向に対する側面が基板により覆われている構成である。

【0063】それゆえ、上記構成は、基板が透光性セラミックスからなることによって、基板内に光導波路部を、光導波路部の側面の露出を回避しながら容易に形成できるものであるので、光の伝送効率を向上でき、かつ、その製造を簡便化できるという効果を奏する。

【0064】本発明の光導波路の製造方法は、以上のように、透光性セラミックスの原料粉末からシート状の焼成前生シートを作製し、上記焼成前生シートの表面に、屈折率を変化させるためのドーパントを含むドーパント部を形成し、ドーパント部が形成された焼成前生シートを複数互いに積層し、互いに積層された各焼成前生シートを焼成して一体化することにより、上記ドーパントが

拡散した光導波路部を、各焼成前生シートからなる透光性の基板に形成する方法である。

【0065】それゆえ、上記方法では、光導波路を焼成前生シートを積層して焼成することにより一体化できるので、光導波路部を内部に形成した、光の伝送効率を向上できる光導波路を安定に、かつ、簡便に得ることができるという効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光導波路の斜視図である。

【図2】上記光導波路の製造方法に係る分解斜視図である。

【図3】上記光導波路の光導波路部が焼成により形成される様子を示す説明図であって、(a)はペースト部が一層のもの、(b)はペースト部が多層のものを示す。

【図4】上記光導波路における光導波路部の屈折率分布の説明図であって、(a)は上記光導波路の正面図、(b)は上記光導波路部における、基板の厚さ方向の屈折率分布を示すグラフ、(c)は上記光導波路部における、基板の幅方向の屈折率分布を示すグラフである。

【図5】上記光導波路の一変形例を示す斜視図である。

【図6】上記一変形例の製造方法を示す分解斜視図である。

【図7】本発明の光導波路に用いた各透光性セラミックスに関する、各波長での直線透過率をそれぞれ示すグラフである。

【図8】上記光導波路に用いた透光性セラミックスにおける焼成雰囲気中の酸素濃度と、直線透過率との関係を示すグラフである。

【図9】上記透光性セラミックスにおいて、ニッケルを添加したときにおける、直線透過率への波長依存性を示すグラフである。

【図10】上記製造方法における一工程の他の例を示す積層ブロックの斜視図である。

【図11】従来の光導波路の説明図であって、(a)は基板上に金属層を形成した状態を示し、(b)は上記金属層の熱拡散により埋め込み型の光導波路部を形成した状態を示す。

【図12】従来の他の光導波路の説明図であって、

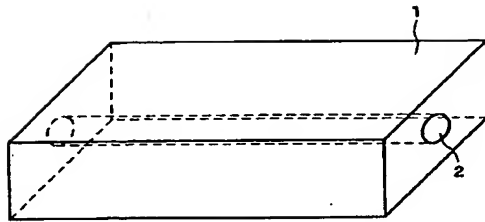
(a)は二酸化シリコン薄膜と、酸化チタン薄膜とを基板上に積層した状態を示し、(b)は二酸化シリコン薄膜と、酸化チタン薄膜とを熱拡散により一体化させた光導波路部を基板上に形成した状態を示す。

【図13】従来のさらに他の光導波路の正面図である。

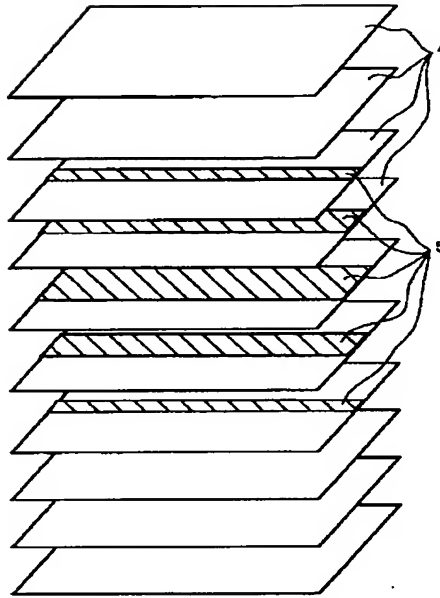
#### 【符号の説明】

- 1 基板
- 2 光導波路部

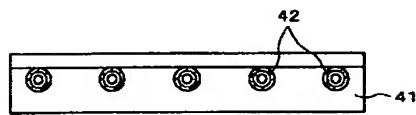
【図1】



【図2】

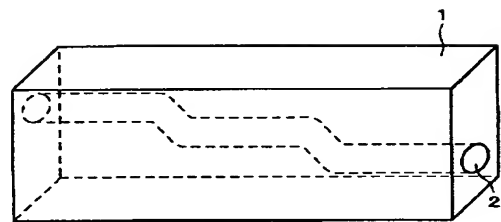
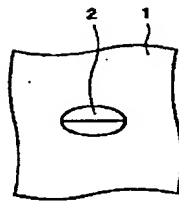
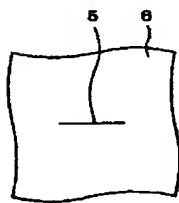


【図13】



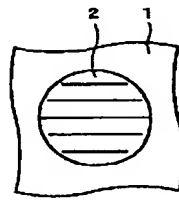
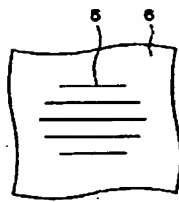
【図3】

(a)

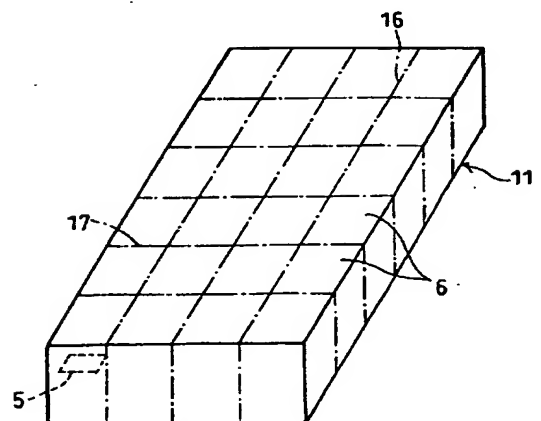


【図5】

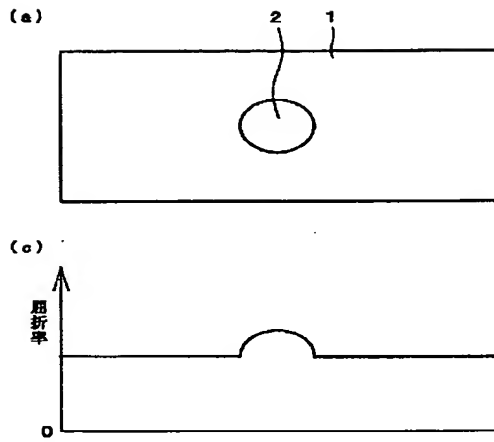
(b)



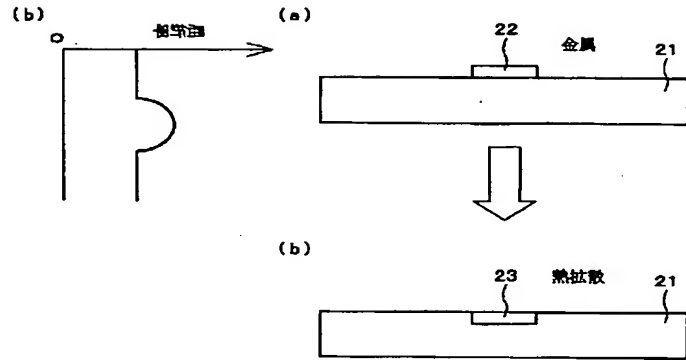
【図10】



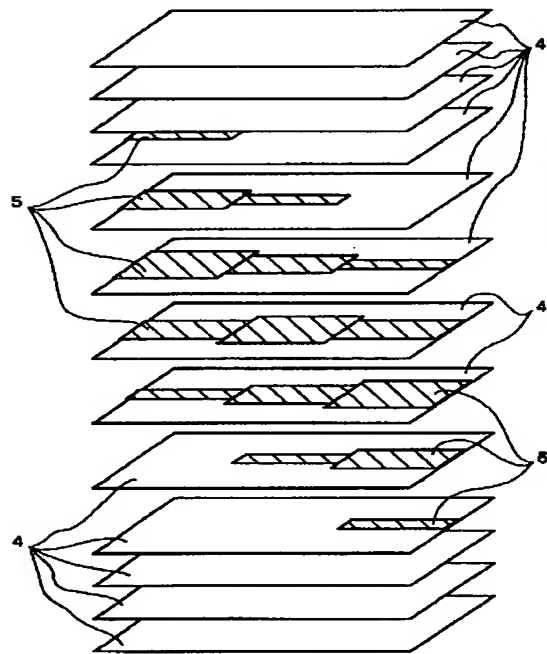
【図4】



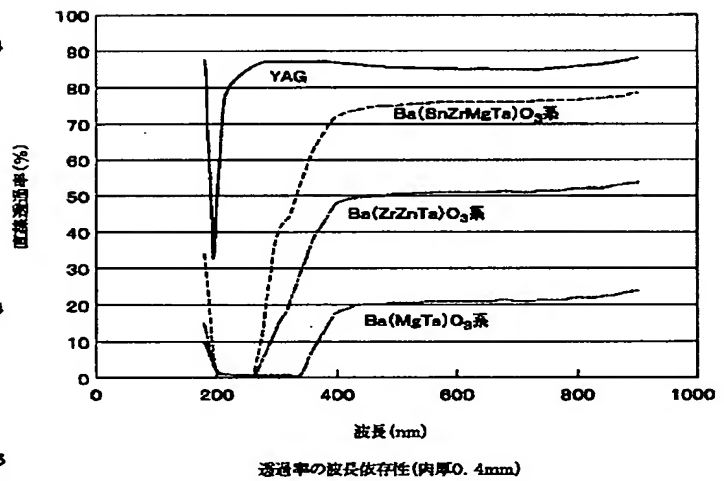
【図11】



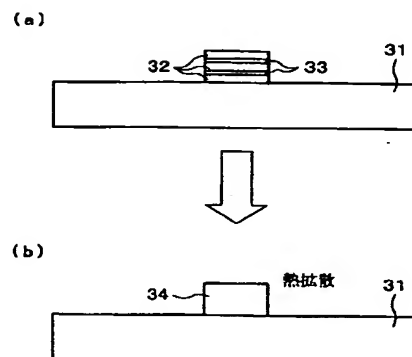
【図6】



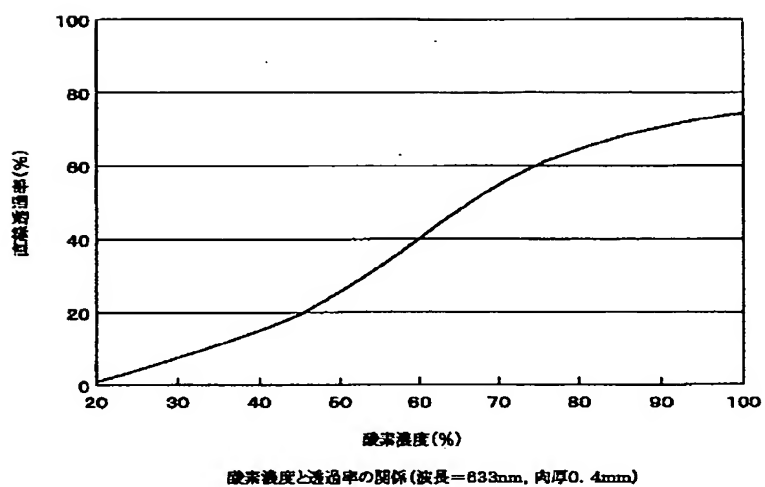
【図7】



【図12】



【図8】



【図9】

